

## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 99816725.8

[43]公开日 2002年6月5日

[11]公开号 CN 1352790A

[22]申请日 1999.7.7 [21]申请号 99816725.8

[86]国际申请 PCT/JP99/03670 1999.7.7

[87]国际公布 WO01/04878 日 2001.1.18

[85]进入国家阶段日期 2001.12.13

[71]申请人 富士通株式会社

地址 日本神奈川

[72]发明人 桥本淳一 金峰理明

今村孝浩 青岛贤一

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事  
务所

代理人 李德山

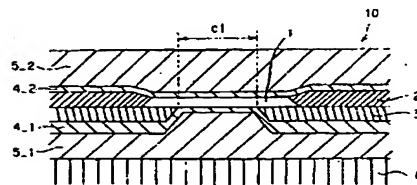
权利要求书 2 页 说明书 14 页 附图页数 6 页

[54]发明名称 磁阻效应型磁头及其制造方法和信息再现系统

### [57]摘要

本发明的目的在于提供一种用于再现以高记录密度记录在记录介质上的信息并能抑制巴克豪森噪声产生的磁阻效应型磁头。这种磁阻效应型磁头具有一能呈现随外部磁场强度而定的电阻变化的磁阻效应元件,用于检测该磁阻效应元件的电阻幅度从而检测磁场强度。所述磁阻效应元件由一平的多层薄膜组成,其中一根据外部磁场而改变磁化方向的自由磁性层被设置在最底层。这种磁阻效应型磁头包括:一非磁性基底;一与所述自由磁性层基底一侧上的下表面中央部分相接触的绝缘层;用于引导电流通过所述磁阻效应元件的一对电极层,该对电极层被形成在将所述绝缘层插入其间且与所述自由磁性层基底一侧上的下表面的两个边缘部分接触的位置上,并且被形成为与所述绝缘层具有相同的表面高度;以及用于抑制所述自由磁性层的磁畴壁移动的一对磁畴壁控制层,该对磁畴壁控制层被形成为将所述磁阻效应元件插入其间而伸展。

知识产权出版社出版



ISSN 1008-4274

## 权 利 要 求 书

1. 一种磁阻效应型磁头，其具有一能呈现随外部磁场强度而定的电阻变化的磁阻效应元件，用于检测该磁阻效应元件的电阻幅度从而检测磁场强度，

其中所述磁阻效应元件由一平的多层薄膜组成，在该多层薄膜中，一根据外部磁场而改变磁化方向的自由磁性层被设置在最底层，而且

所述磁阻效应型磁头包括：

一非磁性基底；

一与所述自由磁性层基底一侧上的下表面的中央部分相接触的绝缘层；

用于引导电流通过所述磁阻效应元件的一对电极层，所述该对电极层被形成在将所述绝缘层插入其间且与所述自由磁性层基底一侧上的下表面的两个边缘部分接触的位置上，并且被形成为具有与所述绝缘层相同的表面高度；以及

用于抑制所述自由磁性层的磁畴壁移动的一对磁畴壁控制层，该对磁畴壁控制层被形成为将所述磁阻效应元件插入其间而伸展。

2. 根据权利要求 1 的磁阻效应型磁头，其中与所述自由磁性层下表面中心部分相接触的该绝缘层为进一步延伸至低于该对电极层的绝缘层，而且

所述绝缘层以这样一种方式形成，所述绝缘层的延伸至所述自由磁性层下表面中心部分的那部分层的厚度，薄于所述绝缘层的延伸至低于该对电极层的那部分层的厚度。

3. 根据权利要求 1 的磁阻效应型磁头，其中该对电极层由包括金 Au 和铜 Cu 至少之一的材料组成。

4. 一种用于制造磁阻效应型磁头的制造方法，其中该磁头具有一能呈现随外部磁场强度而定的电阻变化的磁阻效应元件，用于检测该磁阻效应元件的电阻幅度从而检测磁场强度，其中所述磁阻效应元件为一多层薄膜，包括一根据外部磁场而改变磁化方向的自由磁性层施置在最底

层，用于磁阻效应型磁头的所述制造方法包括如下步骤：

形成一在预定的宽度上具有一高度上升的突起部分的下屏蔽层；

在所述下屏蔽层上形成一薄于所述突起部分高度的绝缘层；

在所述绝缘层上形成一由导电材料构成的电极层，在该电极层中，所述突起部分外部的表面高度高于所述突起部分的表面高度；

按照这样一种高度提供一种平坦性，使当所述绝缘层出现在所述突起部分上表面上时，所述电极层出现在所述突起部分之外部分的表面上；

形成由多层薄膜构成的该磁阻效应元件，在该多层薄膜中，将根据外部磁场而改变其磁化方向的自由磁性层按照这样一种方式设置在最低层，使出现在该表面上的绝缘层与所述自由磁性层下表面中心部分接触，并且所述自由磁性层的下表面的两个边缘部分与分开一定状态而将绝缘层插入其间的一对电极层接触；以及

形成用于抑制所述自由磁性层的磁畴壁移动的一对磁畴壁控制层，该对磁畴壁控制层被形成为将所述磁阻效应元件插入其间而伸展。

5. 一种信息再现系统，其具有一靠近或接触一通过磁化来存储信息的磁存储介质设置的用于检测该磁存储介质相应点磁化的磁头，该信息再现系统根据由所述磁头检测出的该磁存储介质相应点磁化来再现信息，

其中所述磁阻效应元件由一平的多层薄膜组成，在该多层薄膜中，一根据外部磁场而改变磁化方向的自由磁性层被设置在最底层，而且

所述磁头包括：

一非磁性基底；

一与所述自由磁性层基底一侧上的下表面的中央部分相接触的绝缘层；

用于引导电流通过所述磁阻效应元件的一对电极层，所述该对电极层被形成在将所述绝缘层插入其间且与所述自由磁性层基底一侧上的下表面的两个边缘部分接触的位置上，并且被形成为具有与所述绝缘层相同的表面高度；以及

将所述磁阻效应元件插入其间而伸展的一对磁畴壁控制层。

## 说 明 书

## 磁阻效应型磁头及其制造方法和信息再现系统

## 技术领域

本发明涉及一种用于利用随磁场强度而定的电阻改变来检测磁场强度的磁阻效应型磁头，这种磁阻效应型磁头的制造方法，以及一种用于再现存储在存储介质中信息的信息再现系统。

## 背景技术

由于计算机已经被广泛使用，因此目前许多信息已经被程序化处理。这样的信息被存储在带有大量诸如磁化方向或以坑形式存在的物理标记的存储介质中，并且通过用于将其读出以产生一电再现信号的信息再现系统被进行再现。

作为用于存储以磁化方向形式存在的存储介质，例如可以是一张磁盘。这种磁盘被分割为大量的圆形轨道。具有预定轨道宽度的每个轨道进一步被分割为每个具有预定长度的多个位长（bit length），从而形成被编址为单比特区（addressed as one-bit area）的最小单元。这种磁盘其表面是由磁性材料构成，并且对于每个单比特区进行单独磁化以便根据该单比特区的磁化方向在相应的单比特区内存储一比特信息。作为用于再现存储在磁盘上的信息的信息再现系统的硬盘驱动器，带有一用于检测一外部磁场以便再现的磁头。设置用于再现的这个磁头，以使其靠近或与该磁盘的相应的单比特区相连，并且检测由于单比特区磁化状态所产生的磁场，由此产生电再现信号，并再现存储在该磁盘上的信息。

每年，存储在磁盘上的信息存储密度都在增加，并且随着存储密度的增加，磁盘的相应单比特区的尺寸减小。为了检测尺寸小的单比特区的磁化方向，需要一种用于再现的高灵敏度磁头。

作为这种用于再现的高灵敏度磁头，存在一种公知的利用磁阻效应的磁阻效应型磁头（MR磁头），在这种磁阻效应中，电阻是随着外部磁场

而变化的。作为这种特定高灵敏度 MR 磁头的一种，存在一种公知的自旋阀门（spin valve）型 MR 磁头。这种自旋阀门型 MR 磁头是一种多层薄膜，其中包括：一包含随外部磁场改变其磁化方向的自由磁性层的磁阻效应元件；一非磁性金属层；一在磁化方向上固定的固定磁性层；以及一用于固定该固定磁性层的磁化方向的反铁磁层。在这种自旋阀门型 MR 磁头中，电阻随着固定磁性层方向和自由磁性层方向之间的相对角度而大大地改变。这种磁阻效应元件被提供一可以通过其将电流导入该磁阻效应元件的电极层。在这种自旋阀门型 MR 磁头中，垂直于该多层薄膜的平面被用作一依次与该磁盘的相应单比特区靠近或接触的接收部分，由此，这种自旋阀门型 MR 磁头可以接收来自该单比特区磁化所产生的磁场，从而利用随所接收磁场而定的电阻变化产生一电再现信号。

这种多层薄膜的自由磁性层易于在其边缘部分包含一个磁畴壁（magnetic wall）或类似部分。当该磁畴壁由于外部磁场的变化而移动时，在该再现信号上产生巴克豪森噪声。为了抑制这种巴克豪森噪声的产生，将由软磁性材料或类似材料构成的磁畴壁控制层以作为该多层薄膜的一部分的形式设置。该磁畴壁控制层对自由磁性层具有静态磁场效应，并且通过切换（exchange）与自由磁性层的耦合来抑制该自由磁性层的磁畴壁的移动。

对于这样一种自旋阀门型 MR 磁头，其中按常规顺序即从下到上以所述顺序层叠自由磁性层、非磁性金属层、固定磁性层以及反铁磁层来构成该磁阻元件，将上述自旋阀门型 MR 磁头与其中以与该常规顺序相反的顺序来形成磁阻效应元件的自旋阀门型 MR 磁头相比，人们会更为满意这种薄片叠置的固定磁性层的磁化方向。出于此目的，在许多这种自旋阀门型 MR 磁头中，按常规顺序形成该磁阻效应元件，并且将一电极层叠置在位于该磁阻效应元件顶层的反铁磁层上。

但是，由于该反铁磁层是特定较大电阻，并且将该电极层叠置在该反铁磁层上使得难于将来自电极层的电流导向直接包含在磁场检测中的磁阻效应元件的自由磁性层、非磁性金属层以及固定磁性层上。因此，考虑这样一种自旋阀门型 MR 磁头，其中为了有效地将来自电极层的电流

导向其它层，将电极层设置在该磁阻效应元件的下部以提高其灵敏度。

但是，将电极层设置在该磁阻效应元件下部的这种自旋阀门型 MR 磁头会带来这样的问题：将极易产生上述的巴克豪森噪声。

#### 发明公开

出于上述考虑，本发明的目的在于提供一种用于再现记录在具有高记录密度的记录介质上的信息并能抑制巴克豪森噪声产生的磁阻效应型自旋阀门型磁头、这种磁阻效应型磁头的制造方法、以及信息再现系统。

为了达到上述目的，本发明提供一种磁阻效应型磁头，其具有一能呈现（offering）随外部磁场强度而定的电阻变化的磁阻效应元件，用于检测该磁阻效应元件的电阻幅度从而检测磁场强度，

其中所述磁阻效应元件由一平的多层薄膜组成，在该多层薄膜中，一根据外部磁场而改变磁化方向的自由磁性层被设置在最底层，而且

所述磁阻效应型磁头包括：

一非磁性基底；

一与所述自由磁性层基底一侧上的下表面的中央部分相接触的绝缘层；

用于引导电流经过所述磁阻效应元件的一对电极层，所述该对电极层被形成在将所述绝缘层置于其间且与所述自由磁性层基底一侧上的下表面的两个边缘部分接触的位置上，并且被形成成为具有与所述绝缘层相同的表面高度；以及

用于抑制所述自由磁性层的磁畴壁移动的一对磁畴壁控制层，所述该对磁畴壁控制层被形成成为将所述磁阻效应元件置于其间而伸展。

如同随后在最佳实施例中描述的那样，根据该磁阻效应型磁头，首先，一对电极层与位于所述自由磁性层基底一侧上的下表面的两个边缘部分接触。于是，该对电极层之间的间隔导致用于检测磁场的检测区宽度（核心宽度）以更大的精度被确定，并因此优选再现以高存储密度存储在磁盘上的信息。此外，根据该磁阻效应型磁头，这对电极层被形成在与所述自由磁性层的下表面两边缘接触的位置上。该特征使其能够有效地引导电流经过该磁阻效应元件，并因此高灵敏度地检测磁场。此外，根据该

磁阻效应型磁头,当该自由磁性层被设置在这对电极层上时,这对电极层被形成在将绝缘层置于其间的位置上,并且形成具有与该绝缘层相同的表面高度。因此,该自由磁性层在水平方向上没有差别,并且保持在该自由磁性层的整个表面上延伸的平坦性。这种平坦性可以使自由磁性层的磁畴壁的移动能够被磁畴壁控制层有效地抑制。因此,这种磁阻效应型磁头可以抑制巴克豪森噪声的产生并能检测磁场。

在如上所述根据本发明的磁阻效应型磁头中,优选与所述自由磁性层下表面中心部分相接触的该绝缘层为进一步延伸至低于该对电极层的绝缘层,并且

所述绝缘层以这样一种方式形成,所述绝缘层的延伸至所述自由磁性层下表面中心部分的那部分层的厚度,薄于所述绝缘层的延伸至低于该对电极层的那部分层的厚度。

通常,为了能够再现以高存储密度存储在磁盘上的信息,希望获得这种磁头的较薄绝缘层。

根据磁阻效应型磁头,如上所述形成该绝缘层。于是,以较薄层的形式提供与所述自由磁性层下表面的中心部分相接触的绝缘层部分。该绝缘层部分对以高存储密度存储在磁盘上的信息的再现特性有影响。因此,可以有效地防止来自电极和该磁阻型元件的电流泄漏。

在如上所述根据本发明的磁阻效应型磁头中,优选该对电极层由包括金 Au 和铜 Cu 至少之一的材料组成。

由于金 Au 和铜 Cu 具有小的比电阻,因此根据该磁阻效应型磁头,可以获得较薄的电极层。

为了达到上述目的,本发明提供一种用于制造磁阻效应型磁头的制造方法,其中该磁头具有一能呈现随外部磁场强度而定的电阻变化的磁阻效应元件,用于检测该磁阻效应元件的电阻幅度从而检测磁场强度,其中所述磁阻效应元件为一多层薄膜,包括一根据外部磁场而改变磁化方向的自由磁性层设置在最底层,用于磁阻效应型磁头的所述制造方法包括如下步骤:

形成一在预定的宽度上具有一高度上升的突起(hill)部分的下屏蔽

层;

在所述下屏蔽层上形成一薄于所述突起部分高度的绝缘层;

在所述绝缘层上形成一由导电材料构成的电极层, 在该电极层中, 所述突起部分外部的表面高度高于所述突起部分的表面高度;

按照这样一种高度提供一种平坦性, 使当所述绝缘层出现在所述突起部分上表面上时, 所述电极层出现在所述突起部分之外部分的表面上;

形成由多层薄膜构成的该磁阻效应元件, 在该多层薄膜中, 根据外部磁场而改变其磁化方向的自由磁性层按照这样一种方式设置在最低层, 使出现在该表面上的绝缘层与所述自由磁性层下表面中心部分接触, 并且所述自由磁性层的下表面的两个边缘部分与分开一定状态而将绝缘层置于其间的一对电极层接触; 以及

形成用于抑制所述自由磁性层的磁畴壁移动的一对磁畴壁控制层, 该对磁畴壁控制层被形成为将所述磁阻效应元件置于其间而伸展。

根据上述用于磁阻效应型磁头的制造方法类似于上述的磁阻效应型磁头, 可以制造具有能引导电流通过经所述磁阻效应元件的一对电极层的磁阻效应型磁头, 该对电极层被形成在将所述绝缘层插入其间并与所述自由磁性层基底一侧的下表面的两个边缘部分接触的位置上, 且被形成为具有与所述绝缘层相同的表面高度。

为了达到上述目的, 本发明提供一种信息再现系统, 其具有一靠近或接触一通过磁化来存储信息的磁存储介质设置的用于检测该磁存储介质相应点磁化的磁头, 该信息再现系统根据由所述磁头检测出的该磁存储介质相应点磁化来再现信息,

其中所述磁阻效应元件由一平的多层薄膜组成, 在该多层薄膜中, 一根据外部磁场而改变磁化方向的自由磁性层被设置在最底层, 而且

所述磁头包括:

一非磁性基底;

一与所述自由磁性层基底一侧上的下表面的中央部分相接触的绝缘层;

用于引导电流通过所述磁阻效应元件的一对电极层, 所述该对电极层



被形成在将所述绝缘层插入其间且与所述自由磁性层基底一侧上的下表面的两个边缘部分接触的位置上，并且被形成为具有与所述绝缘层相同的表面高度；以及

用于抑制所述自由磁性层的磁畴壁移动，形成所述磁畴壁控制层对使其以将所述磁阻效应元件插入其间形式而伸展的一对磁畴壁控制层。

根据该信息再现系统的磁头类似于上述磁阻效应型磁头，该对电极层被形成在与所述自由磁性层下表面的两个边缘部分接触的位置上，而且该自由磁性层在水平方向上没有差别并且保持在该自由磁性层整个表面上延伸的平坦性。因此，根据该信息再现系统，磁场以高灵敏度检测，从而再现以高记录密度存储在磁盘上的信息。此外，当检测到该磁场时，可以抑制巴克豪森噪声的产生。

如上所述，根据本发明，可以提供一种用于再现以高记录密度记录在记录介质上的信息并抑制巴克豪森噪声的产生的磁阻效应型磁头，该磁阻效应型磁头的制造方法，以及一种信息再现系统。

#### 附图简述

图 1 是表示本发明一实施例的硬盘驱动器内部结构图。

图 2 是表示本发明一磁头实施例的剖面示意图。

图 3 是表示一磁阻效应元件的剖面示意图。

图 4 是表示第一常规磁头的剖面示意图。

图 5 是表示第二常规磁头的剖面示意图。

图 6-13 是有助于理解本发明磁头实施例制造过程的一些视图。

#### 本发明的最佳实施方式

下面将详述本发明的实施例。

图 1 是表示本发明一个实施例的硬盘驱动器内部结构图。

硬盘驱动器 (HDD) 110 相当于本发明中提及的一种信息再现系统。HDD110 的壳体 111 容纳有一旋转轴 112，一安装在该旋转轴 112 上的磁盘 113，一面对磁盘 113 的浮动头滑动块 114，一摆动轴 115，其顶部固定有浮动头滑动块 114 并在摆动轴 115 上摆动的托架臂 116，以及一用于

驱动摆动基座上托架臂 116 的激励器 117。为了再现存储在磁盘 113 上的信息,通过由磁电路组成的激励器 117 驱动位于摆动基座上的托架臂 116,从而将浮动头滑动块 114 定位在正在旋转磁盘 113 所希望的轨道上。浮动头滑动块 114 带有一个在图 1 中没有示出的磁头 10,该磁头相当于本发明中所提及的磁阻效应型磁头。当磁盘 113 旋转时,该磁头 10 顺序靠近磁盘 113 上轨道的一单比特区,以便通过根据一相应单比特区的磁化所产生的电再现信号来得到通过该相应单比特区的磁化所加载的信息。一个盖子(未示出)关闭壳体 111 的内部空间。

下面,结合图 2 和 3 来解释该实施例磁头 10 的结构。

图 2 是表示本发明一磁头实施例的剖面示意图。

图 2 是从垂直于磁盘 113 表面方向看上去的磁头 10 的剖面图。该磁头 10 包括磁阻效应元件 1、磁畴壁控制层 2、电极层 3、下绝缘层 4-1、上绝缘层 4-2、下屏蔽层 5-1、上屏蔽层 5-2 以及基底 6。首先,将解释磁头 10 的具有检测磁场功能或能根据磁场产生一再现实信号功能的磁阻效应元件 1。随后将描述除磁阻效应元件 1 之外的结构型元件其具有辅助磁阻效应元件 1 功能的作用。

图 3 是表示磁阻效应元件的剖面示意图。

磁阻效应元件 1 包括:一显示其中磁化方向根据来自外部磁场而旋转的软磁性的自由磁性层 1-1;一叠层在该自由磁性层 1-1 上表面上的非磁性金属层 1-2;一叠层在该非磁性金属层 1-2 上表面上的固定磁性层 1-3,该固定磁性层以预定的固定方向被磁化;以及一叠层在该固定磁性层 1-3 上表面上的反铁磁层 1-4,该层通过切换与固定磁性层 1-3 的耦合来固定固定磁性层 1-3 的磁化方向,这些层以假设基底 6 为下方顺序从底部开始排列。磁阻效应元件 1 提供巨大的磁阻效应,其中,电阻随着固定磁性层 1-3 磁化和自由磁性层 1-1 磁化之间的相对角度而大大改变。

如图 2 所示,磁阻效应元件 1 为在其上表面和下表面整个表面上延伸,的扁片并且在水平方向上没有差别。自由磁性层 1-1 也为与磁阻效应元件 1 相似的扁片。磁阻效应元件 1 具有有限的延伸性并且在其两个边缘

处为斜边形状。

磁头 10 在平行于图 2 所示的横截面的平面上相对于磁盘 113 存在并且靠近磁盘 113 单比特区，以使磁阻效应元件 1 的自由磁性层 1-1 的磁化方向随着单比特区磁化所产生的磁场而变化。电流经电极层 3 流过磁阻效应元件 1，以根据由自由磁性层 1-1 的磁化方向的变化而导致的磁阻效应元件 1 的电阻变化从而产生一电再现信号，由此再现由相应单比特区的磁化所加载的信息。

以这样一种方式设置由硬磁性材料制成的位于左右两端的一对磁畴壁控制层 2，使该磁畴壁控制层 2 分别与该磁阻效应元件 1 的左右两个斜边缘接触。磁畴壁控制层 2 对自由磁性层 1-1 具有静态磁场作用并且通过切换耦合有效地抑制自由磁性层 1-1 的磁畴壁移动。磁畴壁移动的抑制将抑制在由磁头 10 检测磁场过程中所产生的再现信号中巴克豪森噪声的产生。

顺便说来，作为磁畴壁控制层 2 的材料，可以采用反铁磁材料以及硬磁性材料。该磁畴壁控制层 2 最好由包括以下两层中至少之一的层组成：一单层上由具有 600Oe 或更高矫顽力的硬磁性材料构成的层，以及一由能提供交换磁场 600Oe 或更高的反铁磁材料构成的层。当采用硬磁性材料用作磁畴壁控制层时，最好采用矫顽力大并具有单轴各向异性的 CoPt 基合金，它易于定向在预定方向上。

由绝缘材料制成的下绝缘层 4-1 与自由磁性层 1-1 的基底 6 一侧的下部中心部分接触。此外，在自由磁性层 1-1 的基底 6 一侧的下部两个边缘处，形成一对电极层 3，其左右两边具有与下绝缘层 4-1 相同的高度，该对电极层 3 与两个边缘部分接触并且还与该对磁畴壁控制层 2 的下表面接触，并且将下绝缘层 4-1 插入其间。

以这种方式形成这对电极层 3。因而，包括该电极层 3 的磁头 10 具有下列好处。

位于左右两侧的这对电极层 3 被设置在磁阻效应元件 1 下面，以致于电流直接流过该磁阻效应元件 1 的自由磁性层 1-1、非磁性金属层 1-2 以及固定磁性层 1-3，而不流过具有较大比电阻的反铁磁层 1-4，由此

可以获得磁头 10 的高输出。

此外，由于左右两侧的这对电极层 3 与自由磁性层 1-1 的两个下端接触，因此左右两侧这对电极层 3 的间隔窄于磁阻效应元件 1 的延伸宽度。左右两侧这对电极层 3 的间隔，确定了该磁阻效应元件 1 的能检测与磁盘 113 相对的由磁盘 113 相应单比特区磁化所产生的磁场一检测区域的核心宽度  $c1$ 。该核心宽度  $c1$  具有根据磁盘 113 一条轨迹宽度的尺寸。需要以高精度确定该核心宽度  $c1$ 。通常，可以通过高精度定位在一共面方向上来形成该电极层。因此，磁头 10 具有高精度确定的一个核心宽度，并且检测由具有磁阻效应元件 1 的这个核心宽度  $c1$  的检测区内相应单比特区的磁化所产生的磁场，从而可以满意地再现以高密度存储存储在磁盘 113 上的信息。

仅具有上述两个特性或好处的磁头是一种常规类型磁头。但是，根据本实施例磁头 10，左右两侧的这对电极层 3 具有与下绝缘层 4-1 相同的表面高度。因此，本实施例的磁头 10 在结构上具有这样一种特性，自由磁性层 1-1 保持在自由磁性层 1-1 上下表面的整个表面上延伸的平坦性，并且在水平方向上无差别。自由磁性层 1-1 的这种平坦性导致易于在自由磁性层 1-1 上产生一个磁畴壁使其仅与自由磁性层 1-1 的磁畴壁控制层 2 接触的左右斜边部分相邻，从而通过磁畴壁控制层 2 延伸而将磁阻效应元件插入其间，可以有效地抑制自由磁性层 1-1 的磁畴壁移动。如上所述，本实施例的磁头 10 具有高灵敏度并且适合于再现以高密度存储存储在磁盘 113 上的信息。该磁头 10 产生一最佳的再现信号，可以通过有效地抑制自由磁性层 1-1 的磁畴壁来抑制其中的巴克豪森噪声。

如同下面将要描述的那样，可以清洁这对电极层 3 的上表面部分。当通过清洗来去掉这对电极层 3 上表面部分的灰尘时，电极层 3 和磁阻元件 1 之间的接触电阻变小，从而电流流经电极层 3 和磁阻效应元件 1。

作为电极层 3 的材料，最好是包括 Au、Cu、Ta、以及 Ru 中的至少一种，更好是包括 Au 和 Cu 中的至少一种。由于 Au 和 Cu 具有小的比电阻，因此使用 Au 和 Cu 作为电极层 3 的材料可以获得磁头 10 的较薄的电极层 3。

如上所述，下绝缘层 4-1 与自由磁性层 1-1 的基底 6 一侧的下面中心部分接触，并且在左右两侧该对电极层 3 下扩展。此外，下绝缘层 4-1 和形成在磁阻元件 1 和左右两侧这对磁畴壁控制层 2 上表面上的绝缘层 4-2 一起，将磁阻效应元件 1、磁畴壁控制层 2、电极层 3 与外部绝缘。另外，以这样一种方式形成下绝缘层 4-1，使下绝缘层 4-1 的在自由磁性层 1-1 的下层中心延伸的那部分层厚度，薄于下绝缘层 4-1 的在左右两侧在电极层 3 对下面延伸的那部分层厚度。

形成下屏蔽层 5-1 使其与下绝缘层 4-1 接触，并使上屏蔽层 5-2 形成在上绝缘层 4-2 上，从而屏蔽除了由磁盘 113 的预定单比特区磁化所产生磁场之外的磁场。由于下屏蔽层 5-1 具有预定宽度的一个突起部分，因此下绝缘层 4-1 也是这样一个层，由于该突起部分，因此其中心部分高而两边缘部分低。在下绝缘层 4-1 的两个边缘的下部形成左右两侧的这对电极层 3，以实现上述结构，以致左右两侧的这对电极层 3 的表面高度与下绝缘层 4-1 中心的高度一致。

如上所述，在自由磁性层 1-1 下表面中心延伸的下绝缘层 4-1 的部分得到一个较薄的层。获得一较薄层导致磁头 10 一再现实隙的长度随单信息长度而减小，该再现间隙即为下屏蔽层 5-1 和上屏蔽层 5-2 之间的间隔。因此，即使磁盘 113 是其中以减小的单信息长度高密度记录信息的磁盘，该磁头 10 也可以令人满意地再现该信息。此外，如上所述，下绝缘层 4-1 在自由磁性层 1-1 下层中心延伸那部分层的厚度薄于下绝缘层 4-1 的在左右两侧该对电极层 3 下面延伸的那部分层厚度。该特性可以确保电极层 3 和下屏蔽层 5-1 之间足够绝缘，而磁头 10 保持满意再现以高密度记录在磁盘 113 上信息的功能，并可以有效防止来自电极层 3 和磁阻效应元件 1 的电流泄漏。

下面，为了比较，将解释常规磁头。

图 4 是表示第一常规磁头的剖面示意图。

第一常规磁头 20 是这样一种磁头，其中在一非磁性基底 6 上顺序形成：一在上下表面的整个表面上平坦延伸而在水平方向上没有差别的下屏蔽层 15-1，以及一在上下表面的整个表面上平坦延伸并且在水平方向

上没有差别的下绝缘层 14-1; 以将自由磁性层设置于其下的方式在下绝缘层 14-1 上形成一在下绝缘层 14-1 共面方向上具有有限宽度的磁阻效应元件 11; 在下绝缘层 14-1 上形成一对位于左右两侧并且从左右两侧将磁阻效应元件 11 插入其间的磁畴壁控制层 12; 以规则间隔距在该对磁畴壁控制层 12 左右两边以及磁阻效应元件 11 的左右两边缘部分上形成左右一对电极层 13; 以及在左右两边的该对电极层 13 上及其表面出现在左右两边的该对电极层 13 的两个边缘部分之间的磁阻效应元件 11 上顺序形成一下绝缘层 14-2 和上屏蔽层 15-2。

根据这个类似于本实施例磁头 10 的第一常规磁头 20, 磁阻效应元件 11 在上下表面的整个表面上平坦延伸并且在水平方向上没有差别。此外, 根据此第一常规磁头 20, 左右两侧的该对电极层 13 确定了核心宽度  $c_2$ 。但是, 第一常规磁头 20 不同于本实施例磁头 10 之处在于电极层 13 与磁阻效应元件 11 的上表面接触。该特征使得电极层 13 的电流难于经过具有较大比电阻的反铁磁层流入自由磁性层、非磁性金属层以及固定磁性层。因此, 与本实施例磁头 10 相比, 第一常规磁头 20 由于电流不能有效流动而不利再现输出。

图 5 是表示第二常规磁头的剖面示意图。

第二常规磁头 20 是这样一种磁头, 其中在一非磁性基底 6 上顺序形成: 一在上下表面的整个表面上平坦延伸并且在水平方向上没有差别的下屏蔽层 25-1, 以及一在上下表面的整个表面上平坦延伸而在水平方向上没有差别的下绝缘层 24-1; 在下绝缘层 24-1 的共面方向上以规则间隔在下绝缘层 24-1 上形成左右一对电极层 23; 以将自由磁性层设置于其下这种方式形成磁阻效应元件 21, 并且在其中心部分它与未被该对电极层 23 覆盖的下绝缘层 24-1 的上表面的一部分接触, 而在其两端部, 它们与该对电极层 23 接触; 在该对电极层 23 上形成从左右两边将磁阻效应元件 21 插入其间的左右一对磁畴壁控制层 22; 以及顺序在磁阻效应元件 21 和左右两侧磁畴壁控制层 22 上形成上绝缘层 24-2 和上屏蔽层 25-2。

根据这个类似于本实施例磁头 10 的第二常规磁头 30, 在磁阻效应元

件 21 下面提供有一对电极层 23。这对电极层 23 确定一核心宽度  $c_3$ 。但是，这个第二常规磁头 30 不同于本实施例磁头 10 之处在于由于该电极层 23 的上表面与下绝缘层 24-1 的上表面之间存在水平差，水平差产生在磁阻效应元件 21 上，其结果是水平差还产生于磁阻效应元件 21 的自由磁性层上（未示出）。自由磁性层上水平差的存在导致在水平差附近产生磁畴壁。当磁畴壁控制层 22 与磁阻效应元件 21 的两个边缘部分接触时，它被设置远离存在水平差的部分，因此难于充分抑制不同水平差上的磁畴壁移动。因此，在第二个常规磁头 30 中，当检测磁场时将容易在再现信号上产生巴克豪森噪声。

相反，根据本实施例的磁头 10 改进了第一常规磁头 20 和第二常规磁头 30 存在的上述缺陷。即，根据本实施例的磁头 10，当电极层 3 与磁阻效应元件 1 接触时，磁阻效应元件 1 在上表面和下表面整个表面上延伸而没有水平差。本实施例的磁头 10 具有这样一种结构，因此可以提供能够产生高输出并抑制在再现信号上产生巴克豪森噪声的磁头。

下面，将描述本实施例的磁头 10 的制造过程。

图 6-13 是有助于理解本发明实施例磁头制造过程的一些视图。

首先，以  $2\mu\text{m}$  薄膜形式在基底（未示出）上形成由  $\text{FeZrN}$  组成的层。其次，如图 6 所示，使用离子蚀刻工艺对该层蚀刻以形成一其中在宽度为  $w_1$  的  $1\mu\text{m}$  范围内水平差  $h_1$  的表面高度上升为  $5500\text{\AA}$  的突起部分。其中形成该突起部分的这个层是在图 2 中示出的下屏蔽层 5-1。

如图 7 所示，以具有小于此差  $h_1$  的  $3000\text{\AA}$  的  $h_2$  厚度的薄膜形式在下屏蔽层 5-1 上形成一由  $\text{Al}_2\text{O}_3$  组成的下绝缘层 4-1'。这个下绝缘层 4-1' 还具有一根据下屏蔽层 5-1 的突起部分而造成其中心抬高的部分。

如图 8 所示，以具有  $3500\text{\AA}$  的  $h_3$  厚度的薄膜形式在下绝缘层 4-1' 上形成一由  $\text{Au}$  组成的电极层 3'。这个电极层 3' 还具有一根据下屏蔽层 5-1 的突起部分而造成其中心抬高的部分。厚度  $h_3$  和厚度  $h_2$  之和大于差  $h_1$ ，并且在电极层 3' 中心抬高部分之外部分的上表面的高度，高于下屏蔽层 5-1 的突起部分。

将电极层 3' 和下绝缘层 4-1' 抛光并使其光滑，从而在这对电极层 3

上和该中心部分形成一厚度  $h_4$  为  $400\text{Å}$  到  $600\text{Å}$  的下绝缘层 4-1 如图 9 所示。下绝缘层 4-1 的上表面和电极层 3 的上表面具有相同光滑的高度。在下绝缘层 4-1 中，两个边缘部分的厚度  $h_2$  为  $3000\text{Å}$ ，而中心部分的厚度  $h_2$  为  $400\text{Å}$  到  $600\text{Å}$ 。通过离子研磨来清洁下绝缘层 4-1 和电极层 3 光滑的上表面，从而去掉污染。

如图 10 所示，在具有相同高度的下绝缘层 4-1 中心部分的上表面和左右两侧电极层 3 的上表面上形成磁阻效应元件 1'。磁阻效应元件 1' 是一个多层薄膜，并且以这样一种方式形成，使以薄膜形式按照从底部开始的顺序形成一组成自由磁性层的三层，这三层为由 Ta 构成的层 ( $50\text{Å}$ )、由 NiFe 构成的层 ( $20\text{Å}$ ) 以及由 CoFeB 构成的层 ( $15\text{Å}$ )；此外，按照所述顺序以薄膜形式在自由磁性层上形成一由 Cu 构成的非磁性金属层 ( $30\text{Å}$ )、一由 CoFeB 构成的固定磁性层 ( $20\text{Å}$ )、一由 PdPtMn 构成的反铁磁性层 ( $200\text{Å}$ )、以及一由 Ta 构成的覆盖层 ( $60\text{Å}$ )。此外，引入组成自由磁性层这三层中由 Ta 构成的这个层其目的在于改进由 NiFe 构成的层和由 CoFeB 构成的层的软磁特性。

将磁阻效应元件 1' 进行离子研磨，其中在该磁阻效应元件 1' 中心部分应用光致抗蚀剂，从而仅保留中心部分而去掉两端边缘部分，如图 11 所示，形成具有向左右两侧延伸的  $2\mu\text{m}$  有限宽度  $w_2$  的磁阻效应元件 1。以这样一种方式设置有限宽度  $w_2$  的大小；使磁阻效应元件 1 内插下绝缘层 4-1 并重叠左右两侧电极层。

在磁阻效应元件 1 上以保留用于形成该磁阻效应元件 1 的光致抗蚀剂的  $300\text{Å}$  薄膜的形式形成由 CoPt 组成的层之后，使用所谓的自校准的顶离 (lift-off) 处理来去掉该光致抗蚀剂，如图 12 所示，从而形成将磁阻效应元件 1 插入其间延伸的左右一对磁畴壁控制层 2。

最后，在磁阻效应元件 1 和左右一对磁畴壁控制层上以  $500\text{Å}$  薄膜形式形成一由  $\text{Al}_2\text{O}_3$  组成的上绝缘层 4-2。然后，以  $2\mu\text{m}$  薄膜形式形成一由 NiFe 组成的上屏蔽层 5-2，并且如图 13 所示，形成本实施例磁头 10。

根据如上所述的制造方法，形成一磁头 10，该磁头 10 包括：一在水平高度上无差别并且在整个表面上平坦延伸的磁阻效应元件 1，虽然左右



两侧的该对磁畴壁控制层与其下边缘部分重叠；以及一下绝缘层 4-1，该下绝缘层的厚度在其中心部分薄而在其边缘部分厚。

## 说明书附图

图 1

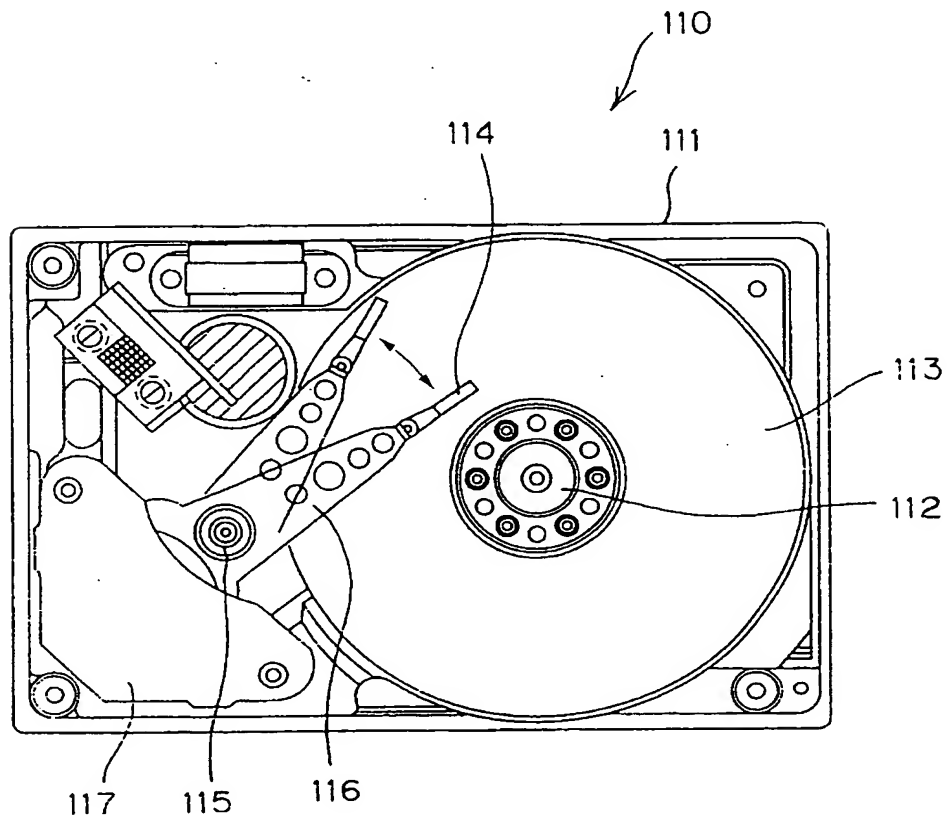


图 2

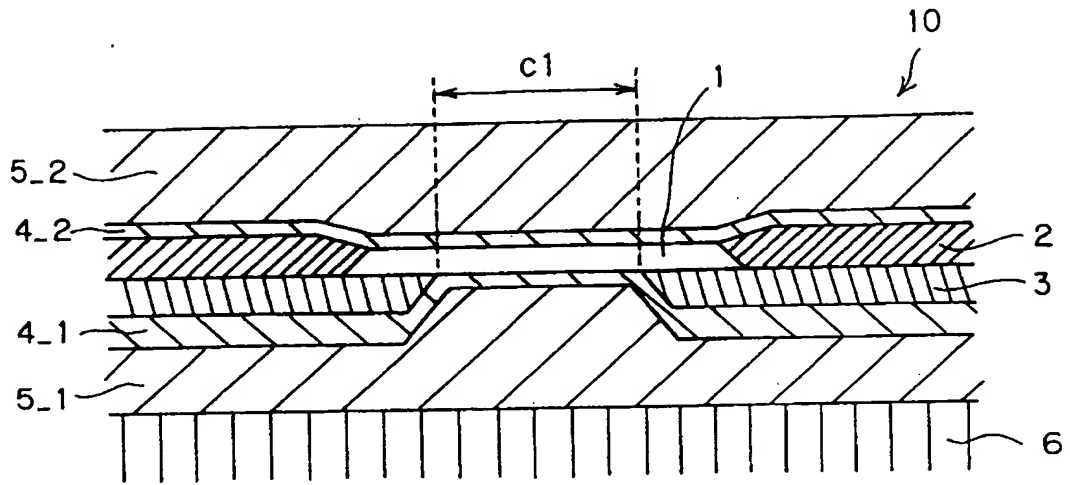


图 3

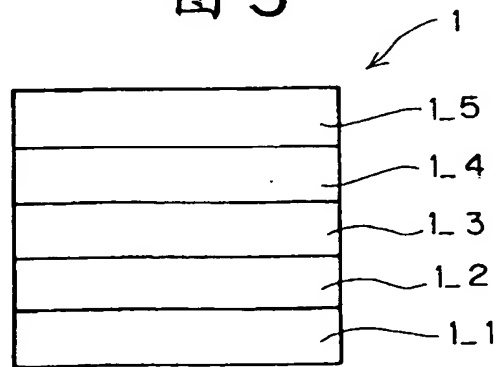


图 4

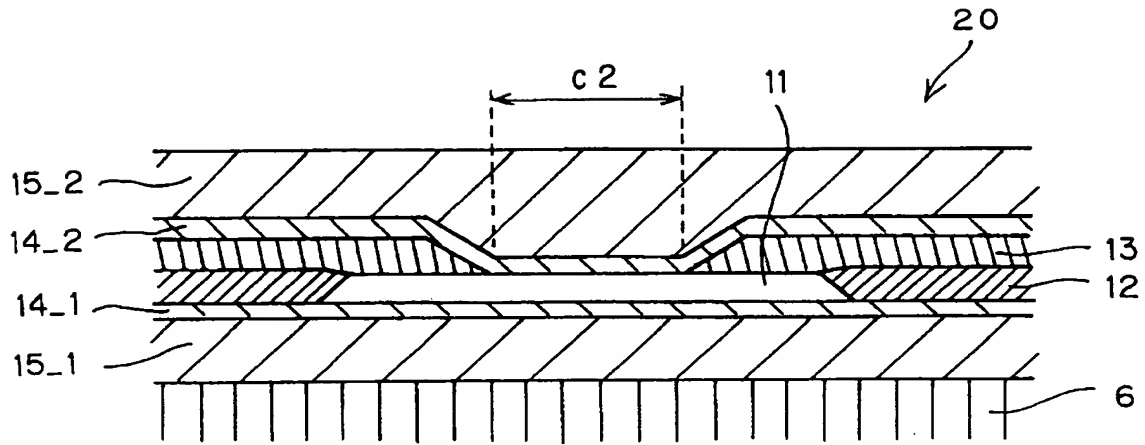


图 5

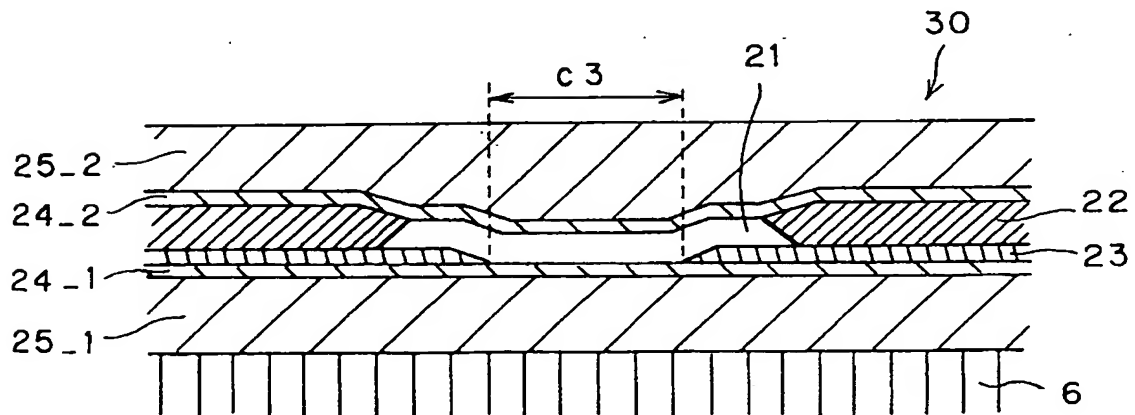


图 6

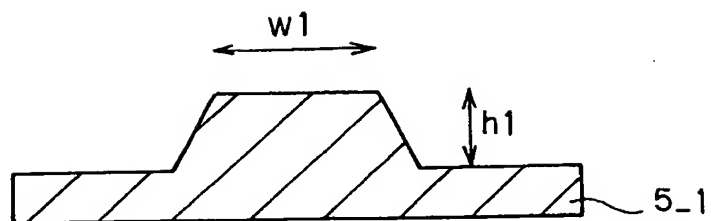


图 7

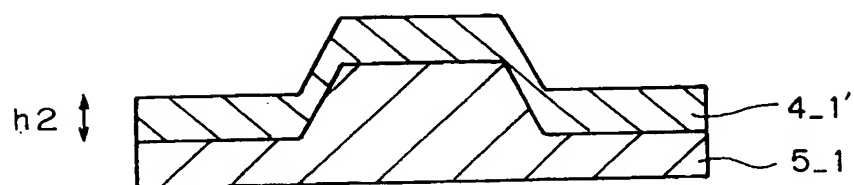


图 8

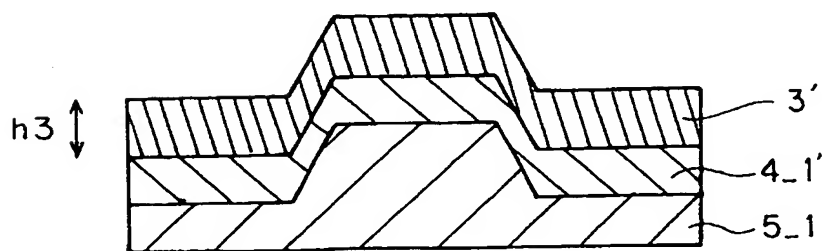


图 9

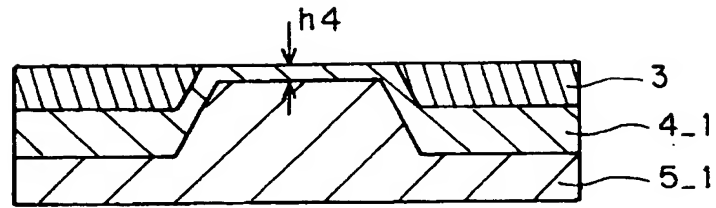


图 10

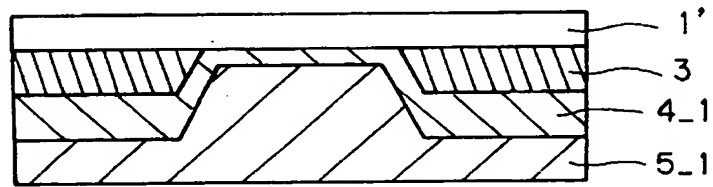


图 11

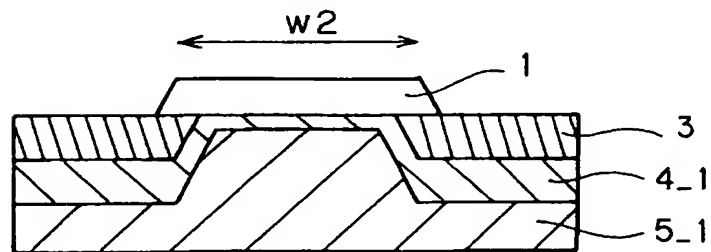


图 12

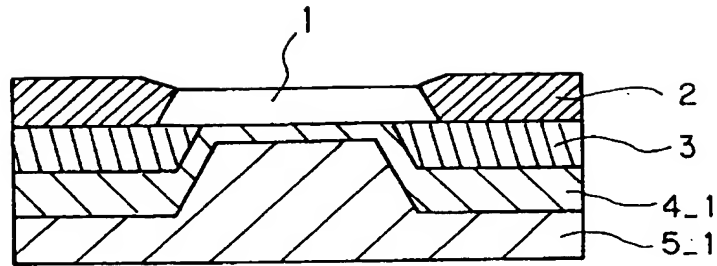


图 13

